電子デバイス

TK-80 応用プログラム

NEC 日本電気株式会社

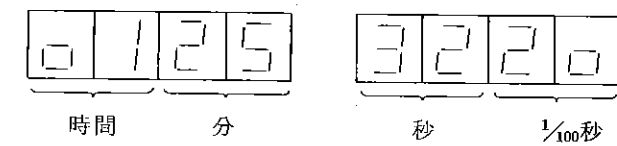
IEM−561A
OCT−20−76

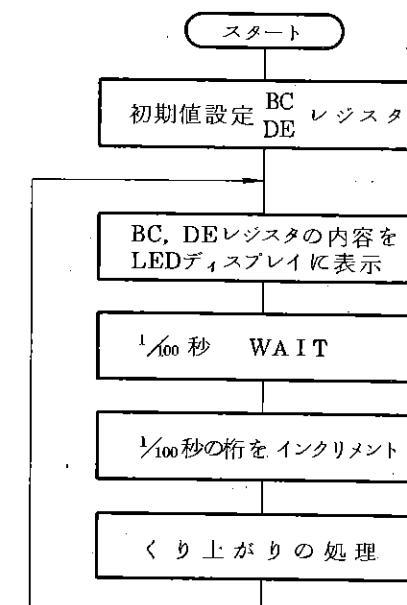
目　次

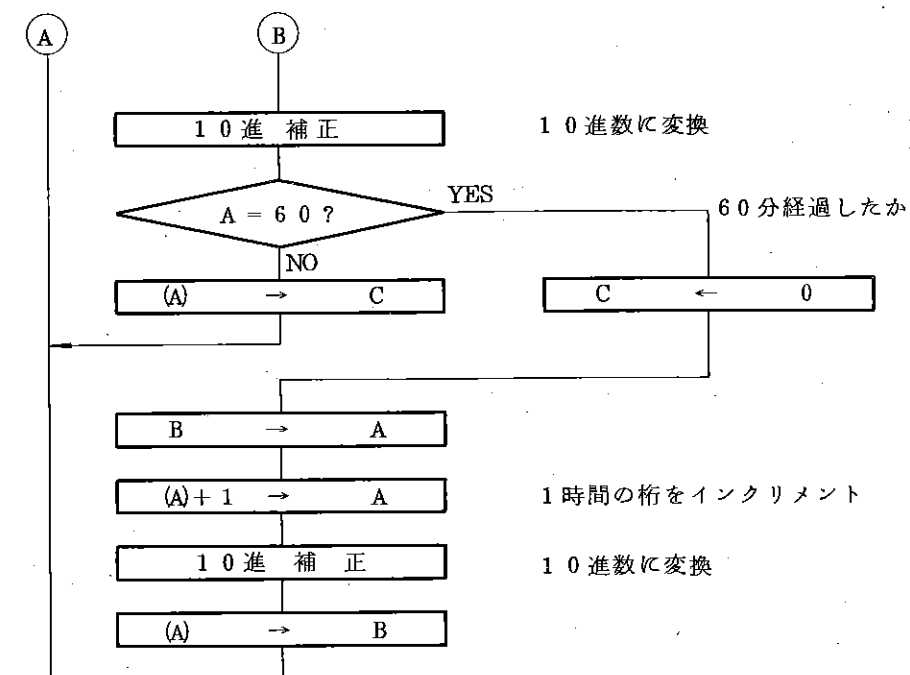
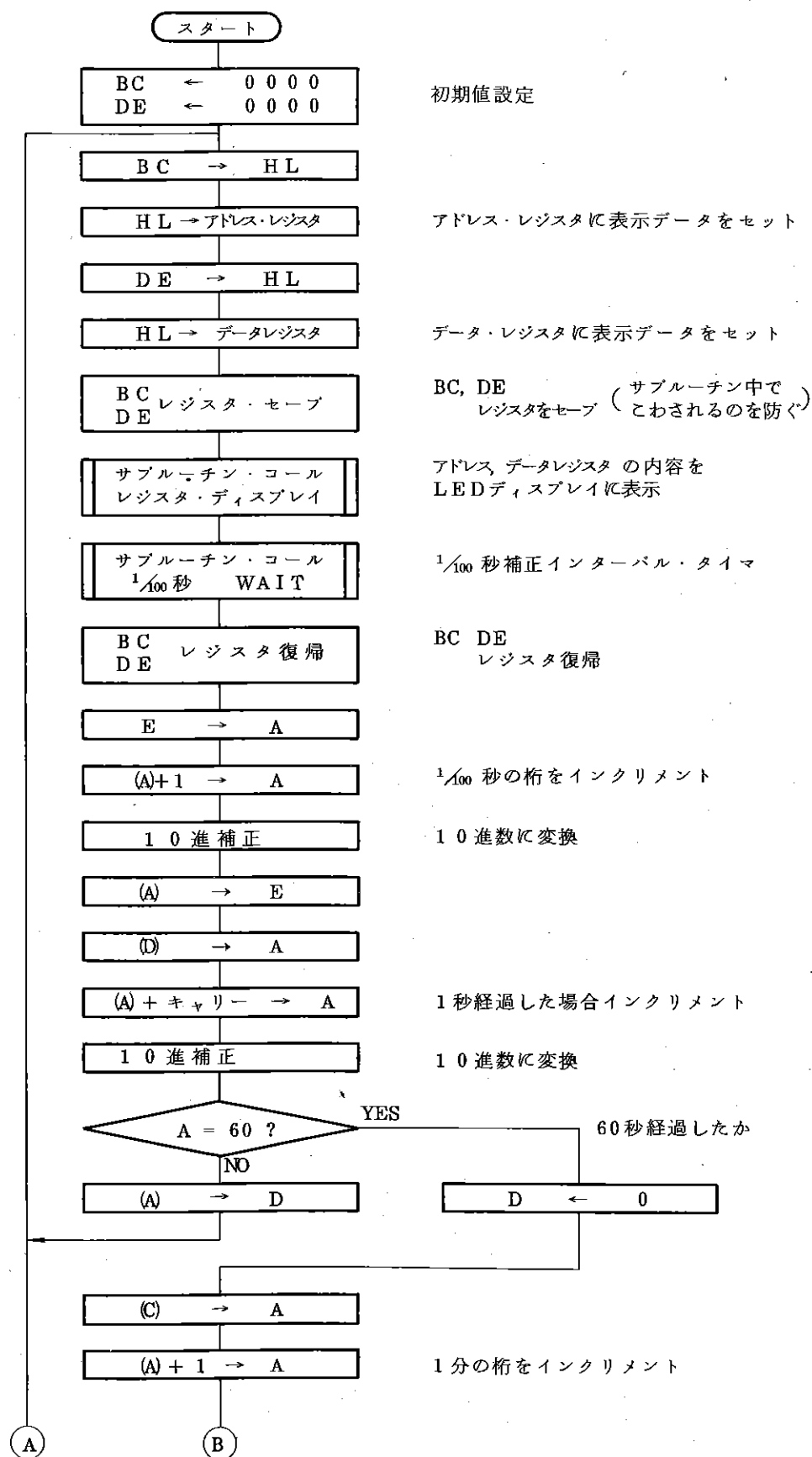
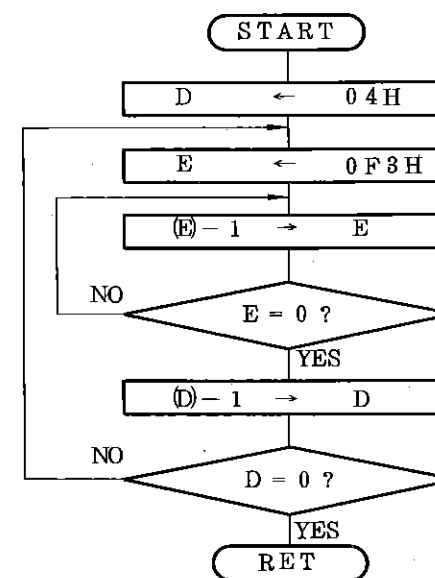
第1章　ディジタル・タイマ

1.1　概　　要

TK−80のLEDディスプレイを利用して，ディジタル・タイマを構成するプログラム例を示します.

LEDディスプレイに表示されるデータは次の様になります.

このプログラムは，各単位からの繰り上がりを処理するメイン・ルーチンと最小単位である1/100秒をカウントするタイマ・サブルーチンから構成されています．LEDディスプレイへの表示は，モニタ・プログラム内のサブルーチンにより行われます.（モニタ・プログラムのサブルーチンについてはTK−80 ユーザース・マニアルに記載されています.）

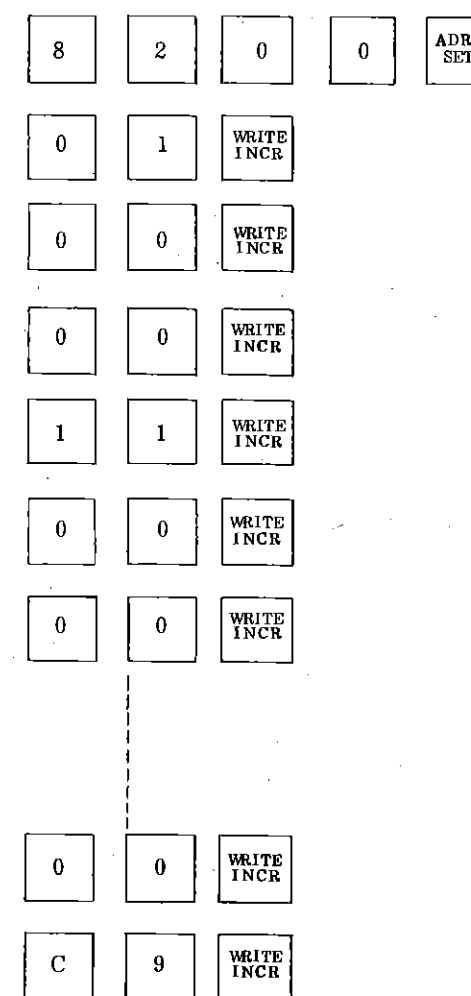
1.2　概略のフローチャート

1.3 詳細なフローチャート

(1) メイン・ルーチン

(2) 1/100 秒インターバルのための補正ルーチン

このサブルーチンは，1/100 秒をカウントアップする際のインターバルをほぼ 1/100 秒に補正するためのものでD．Eレジスタにセットされる値により，このタイマーの時定数を変えることができます．

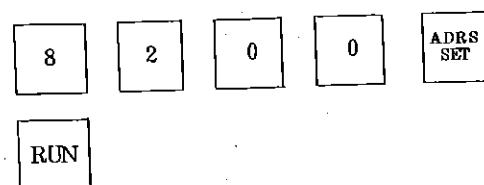
1.4　コーディング例

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック	オブジェクトコード
00	8200	START:	LXI B, 0	01 00 00
01	03		LXI D, 0	11 00 00
02	06	COUNT:	PUSH B	C5
03	07		POP H	E1
04	08		SHLD 83EEH	22 EE 83
05	0B		PUSH D	D5
06	0C		POP H	E1
07	0D		SHLD 83ECH	22 EC 83
08	10		PUSH B	C5
09	11		PUSH D	D5
10	12		CALL RGDSP	CD A1 01
11	15		CALL WAIT	CD 45 82
12	18		POP D	D1
13	19		POP B	C1
14	1A		MOV A, E	7B
15	1B		ADI 1	C6 01
16	1D		DAA	27
17	1E		MOV E, A	5F
18	1F		MOV A, D	7A
19	20		ACI 0	CE 00
20	22		DAA	27
21	23		CPI 60H	FE 60
22	25		JZ A1	CA 2C 82
23	28		MOV D, A	57
24	29		JMP COUNT	C3 06 82
25	2C	A1 :	MVI D, 0	16 00
26	2E		MOV A, C	79
27	2F		ADI 1	C6 01
28	31		DAA	27
29	32		CPI 60H	FE 60
30	34		JZ A2	CA 3B 82
31	37		MOV C, A	4F
32	38		JMP COUNT	C3 06 82
33	3B	A2 :	MVI C, 0	0E 00
34	3D		MOV A, B	78
35	3E		ADI 1	C6 01
36	40		DAA	27
37	41		MOV B, A	47
38	42		JMP COUNT	C3 06 82
39	45	WAIT :	MVI D, 04H	16 04
40	47		MVI E, 0F3H	1E F3
41	49		DCR E	1D
42	4A		JNZ $-1	C2 49 82
43	4D		DCR D	15
44	4E		JNZ $-5	C2 47 82
45	51		NOP	00
46	52		NOP	00
47	53		NOP	00
48	54		NOP	00
49	55		NOP	00
50	56		NOP	00
51	57		NOP	00
52	58		RET	C9

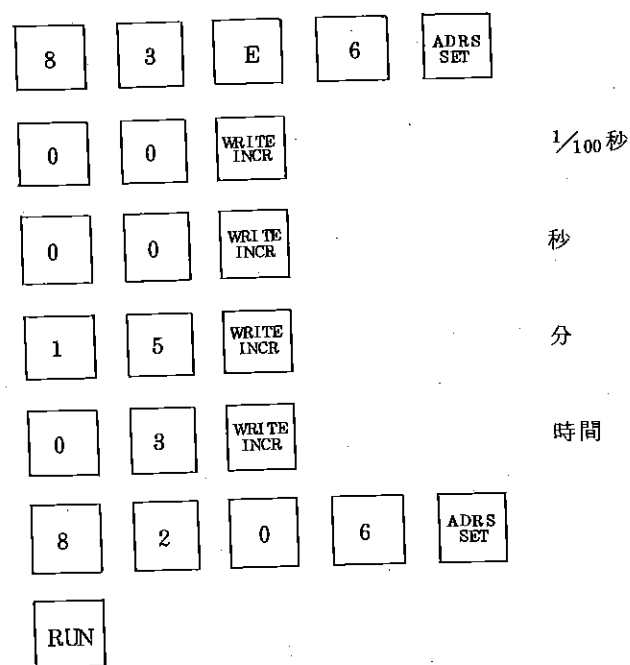
1.5　プログラミングおよび実行方法

1.4に書かれているオブジェクトコードを所定の番地のメモリに書き込んで行きます.

データを書き込む際に，アドレス・ディスプレイに表示されるアドレスと比較しながらまちがいのないように入力して下さい.

プログラムが終了したら READ INCR READ DECR キーによりメモリの内容を読み出し，まちがいがあった場合はそのつど訂正して下さい.

プログラムにまちがいがないことを確認したら次の要領で実行させます.

この操作によりディジタル・タイマーがスタートします.

8200番地からこのプログラムをスタートすると必ず初期値は0となり，0時，0分，0秒からカウントが始まります.

この初期値をあらかじめ設定したい場合は次のように操作して下さい.

上記の例では

03時15分00秒00 1/100秒 よりカウントが始まります.

1.6 タイマ・サブルーチンの時定数の調整

本プログラムの基本となっている 1/100 秒 の時間間隔は，プログラム中のWAITサブルーチンで作り出しています.

1/100 秒 のインターバルは，正確には，コーディング例のラインナンバー10 のサブルーチンコールによってデータが表示されてからメイン・ルーチンを一周し，次のデータが同様にして表示されるまでの時間ということになりますが，これらの時間のうち大部分がWAITサブルーチン中で費やされています．これらの時間は，各命令をCPUが実行する際に費やされる時間とDMA転送によってCPUの処理が中断される時間との合計ということになります．よってDMA転送による誤差（ほぼ

1 msec に10μsec程度）を考えてタイマサブルーチンのパラメータを変更すればいろいろなインターバルタイムを作り出すことができます.

実際にマイクロプロセサによってタイマを作る場合は，上記のようなDMA転送は行わないためメインクロックの精度に相当する精度でタイマを作ることができます．CPUが1つの命令を実行する時に費やされる時間はμCOM−80ユーザース・マニアル（IEM−533B)の86ページから98ページに掲載されているタイミング・ダイヤグラムより計算することができます.

以下にその1例を示します.

MVI命令

（MVI D, 04H 等）

μCOM−80 ユーザース・マニアル

M1(マシンサイクル1)				M2 (マシンサイクル2)		
T_1	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_3

TK−80 で実行した場合

M1					M2			
T_1	T_2	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_2	T_3

MVI命令は2つのマシンサイクルで構成され，M1は4つのステート，M2は3つのステートで構成されています.

TK−80 でこの命令を実行した場合，メモリからのデータ待合わせのため，T_2 のみが2回くり返され右図のようにM1は5つ，M2は4つのステートで構成されることになります.

又，TK−80 のクロック周波数は約 2.05MHzですから，1つのステートを実行するためには約488 nsec かかることになります.

$$488 \times 9 = 4392 \text{ (n sec)}$$

よってMVI命令を実行するためには約 4.4 μsec の時間がかかることになります.

TK−80 で各命令を実行する場合，すべての命令の各マシンサイクル中のT_2 ステートは2回くり返されることになります.

（2番目のT_2 はメモリー・アクセスの待ち時間として動作するようになっています．TK−80 ユーザーズ・マニアルの第5章（TK−80 のハードウェア）を参考にして下さい．）

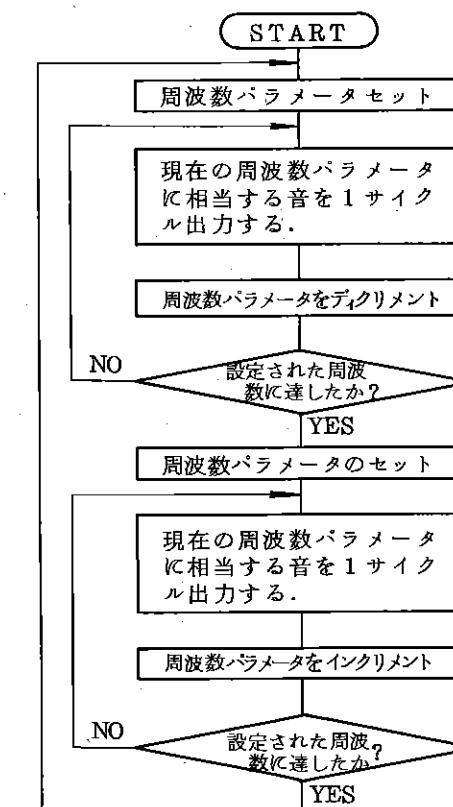
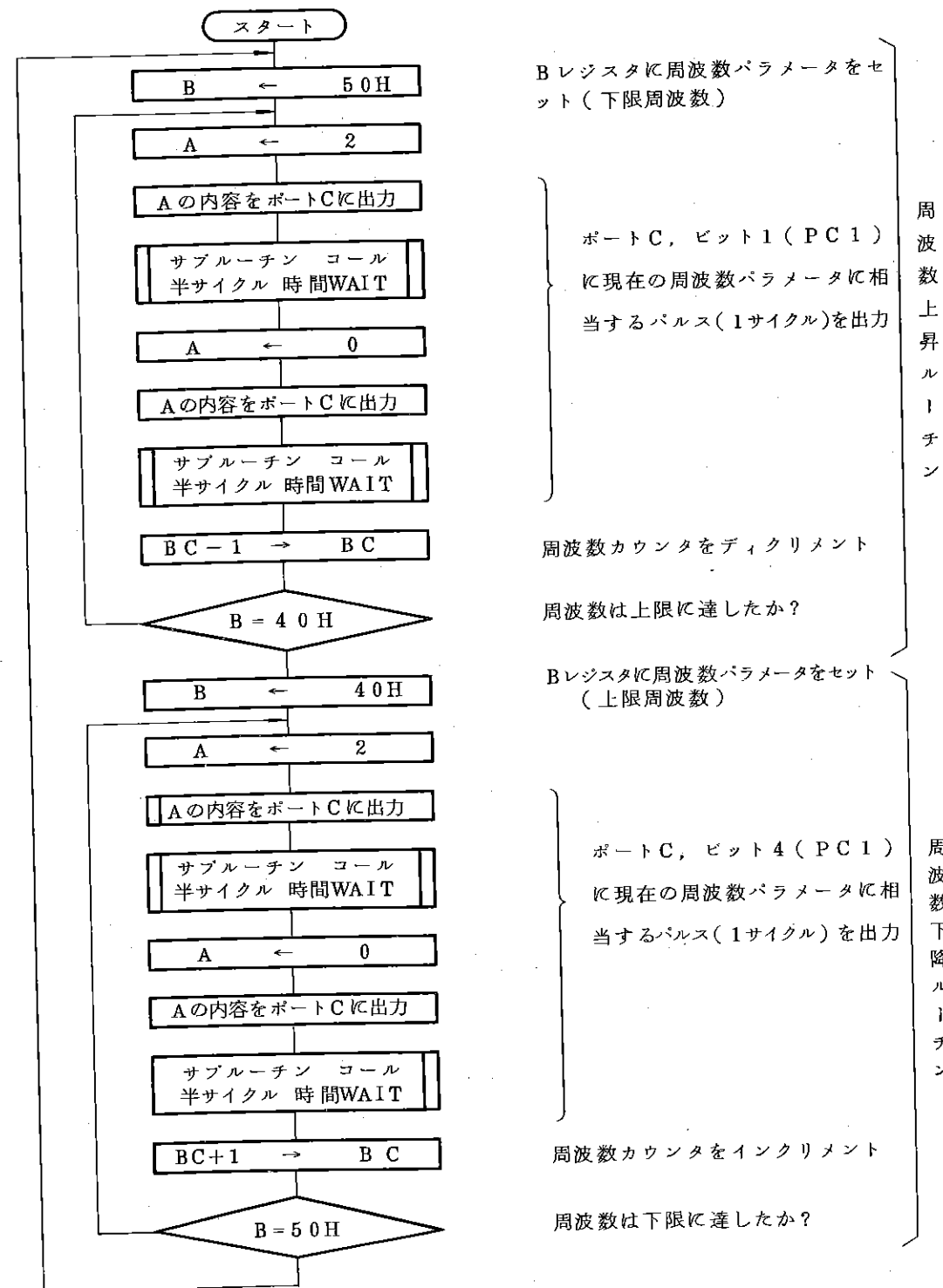
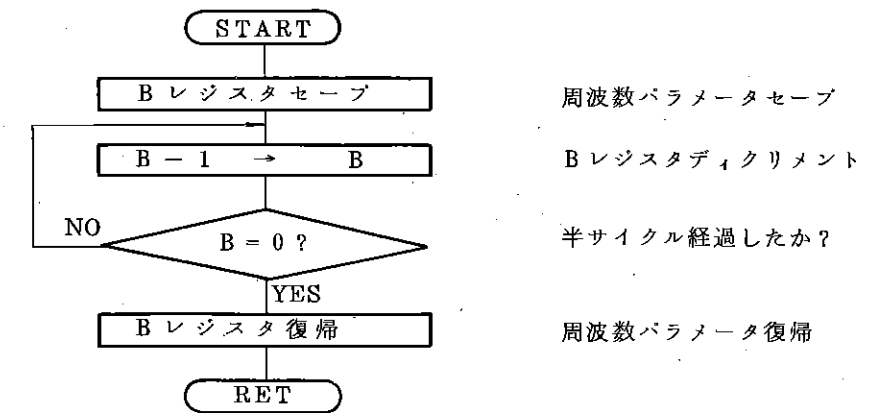
第2章　電子サイレン

2.1　概　　要

ＰＰＩ（μPD 8255）のポートＣに接続されたオーディオ・アンプにサイレン音を出力するプログラム例を示します．

このプログラムは，モニタにより出力ポートにセットされているポートＣのビット１（PC1　15番ピン）に“１”と“０”を交互に出力し，オーディオ帯域の周波数のパルスを作り，これをオーディオ・アンプに入力し音声を発生します．

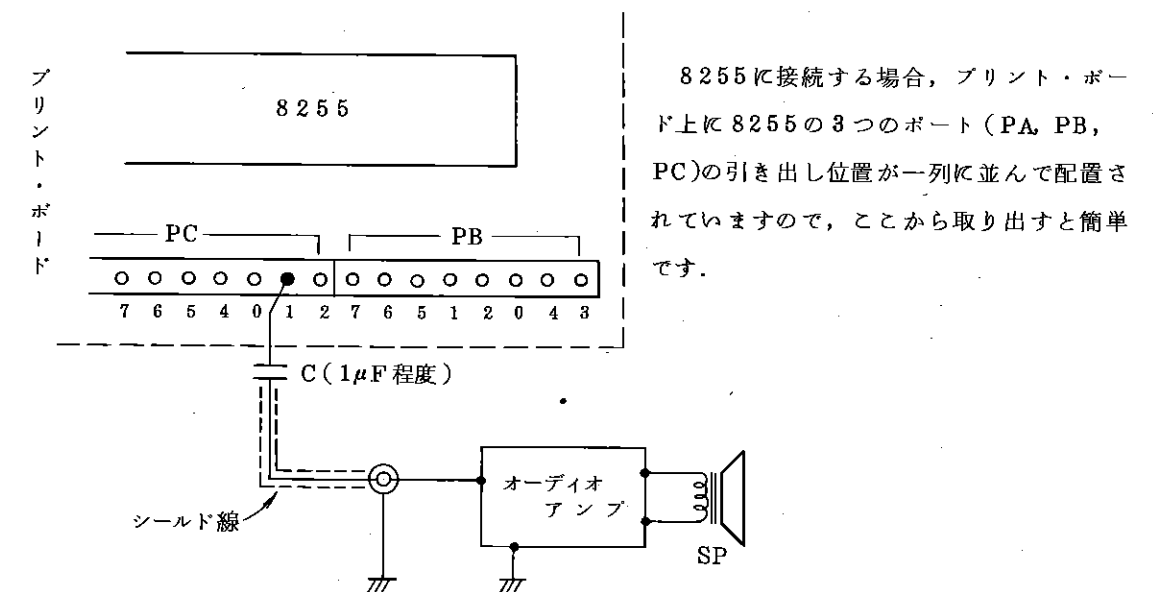
ここで，発生する音声の周波数はＣＰＵにより制御され，ある周波数範囲を連続的に変化させるようにしてサイレン音を作り出しています．

2.2　概略のフローチャート

2.3 詳細なフローチャート

半サイクルWAITサブルーチン

2.4 コーディング例

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック		オブジェクトコード		
00	8200	START:	MVI	B, 50H	06	50	
01	02	LOOP1:	MVI	A, 2	3E	02	
02	04		OUT	2	D3	02	
03	06		CALL	WAIT	CD	33	82
04	09		MVI	A, 0	3E	00	
05	0B		OUT	2	D3	02	
06	0D		CALL	WAIT	CD	33	82
07	10		DCX	B	0B		
08	11		MOV	A, B	78		
09	12		CPI	40H	FE	40	
10	14		MOV	B, A	47		
11	15		JNZ	LOOP1	C2	02	82
12	18		MVI	B, 40H	06	40	
13	1A	LOOP2:	MVI	A, 2	3E	02	
14	1C		OUT	2	D3	02	
15	1E		CALL	WAIT	CD	33	82
16	21		MVI	A, 0	3E	00	
17	23		OUT	2	D3	02	
18	25		CALL	WAIT	CD	33	82
19	28		INX	B	03		
20	29		MOV	A, B	78		
21	2A		CPI	50H	FE	50	
22	2C		MOV	B, A	47		
23	2D		JNZ	LOOP2	C2	1A	82
24	30		JMP	START	C3	00	82
25	33	WAIT:	PUSH	B	C5		
26	34		DCR	B	05		
27	35		JNZ	$-1	C2	34	82
28	38		POP	B	C1		
29	39		RET		C9		

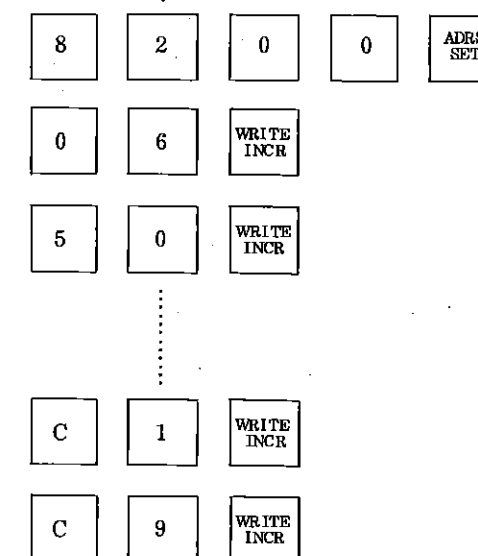
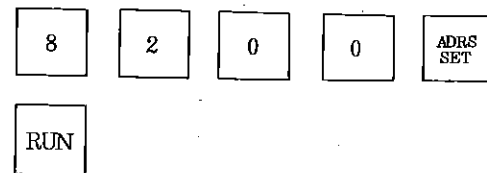
2.5 オーディオ・アンプの接続方法

オーディオ・アンプはカップリング・コンデンサを介して，PPIのポートC，ビット1（μPD 8255 15番ピン）に接続します．この端子の開放出力電圧は5Vp-pです．

8255に接続する場合，プリント・ボード上に8255の3つのポート（PA, PB, PC）の引き出し位置が一列に並んで配置されていますので，ここから取り出すと簡単です．

TK-80より引き出すGNDの位置はノイズの最も少ない場所を選んで下さい．

TRラジオのオーディオ・アンプの初段へ入れてやれば充分楽しめます．
専用オーディオ・アンプの場合は，LINE入力端子に入力して下さい．

2.6 プログラミングおよび実行方法

コーディング・リスト上のオブジェクト・コードを所定のメモリに書き込みます．

プログラムの書込みが終了し，書き込みエラーがないことを確認したら次のコマンドで実行します.

2.7 周波数帯域の変更

本プログラムは周波数パラメータ及び上，下限比較データを変更することにより，周波数変化帯域を変更することができます.

周波数パラメータはラインナンバー００及び１２において，Ｂレジスタにセットする値でこの値が大きいほど出力周波数は低くなります.

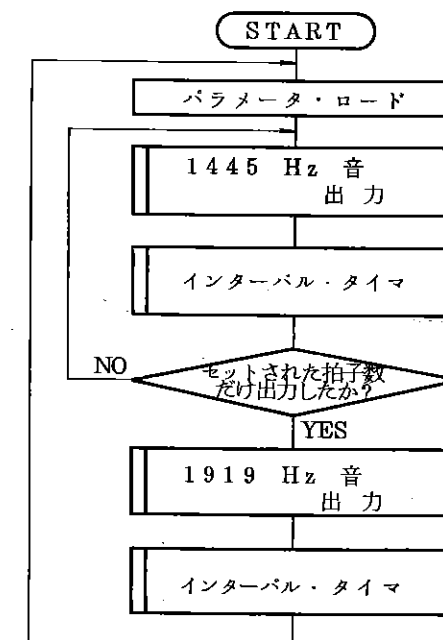
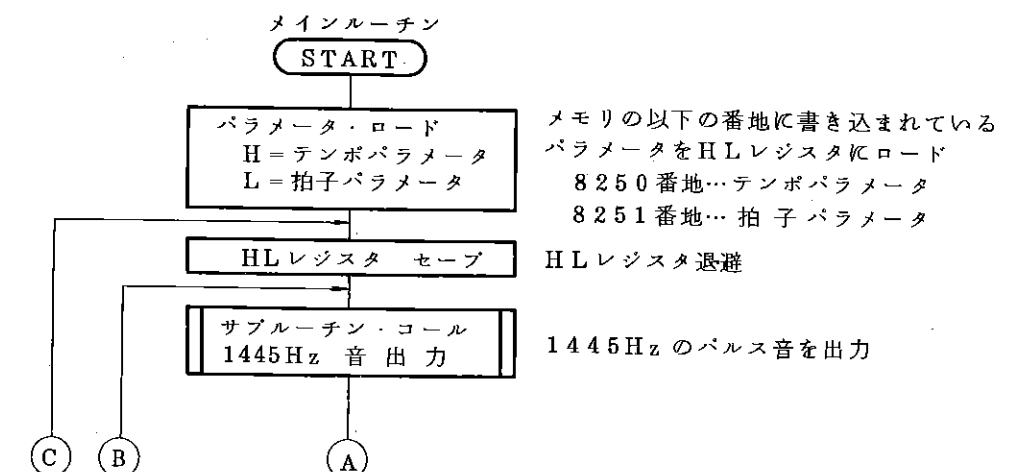
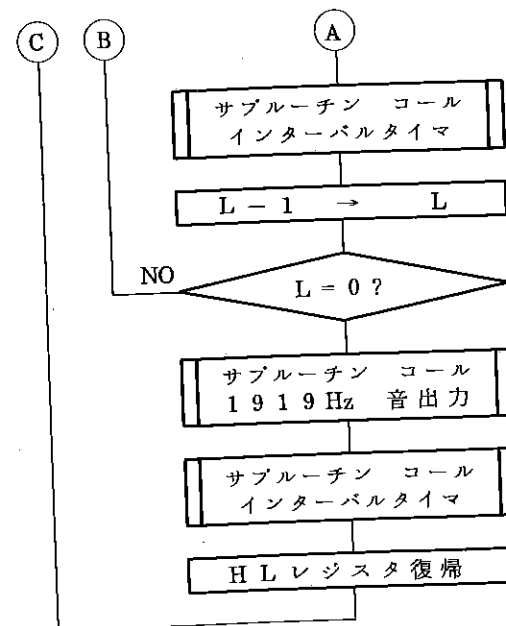
又，周波数上，下限比較データはラインナンバー０９及び２１において，アキュムレータと比較しているデータです.

第3章 プログラマブル・メトロノーム

3.1 概　要

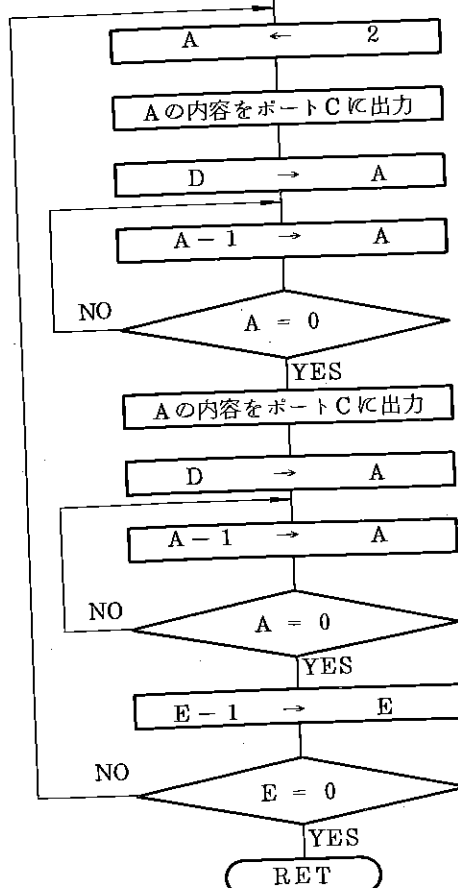
ピアノ，ギター等の練習に使えるプログラマブル・メトロノームのプログラム例を示します.

このプログラムはパラメータを２ワードセットすることにより，テンポ，拍子を自由に設定できるメトロノームで，PPI（μPD8255）のポートＣ，ビット１（PC1）に可聴周波数のパルスを送り出します．この端子にオーディオアンプを接続すれば音声として聞こえます.

3.2 概略のフローチャート

3.3 詳細なフローチャート

サブルーチン
1445Hz（T1）
スタート

レジスタ　イニシャライズ
D　＝　35H
E　＝　12H

音声出力ルーチン
1919Hz（T2）
スタート

レジスタ　イニシャライズ
D　＝　26H
E　＝　16H

周波数パラメータセット

A　←　2

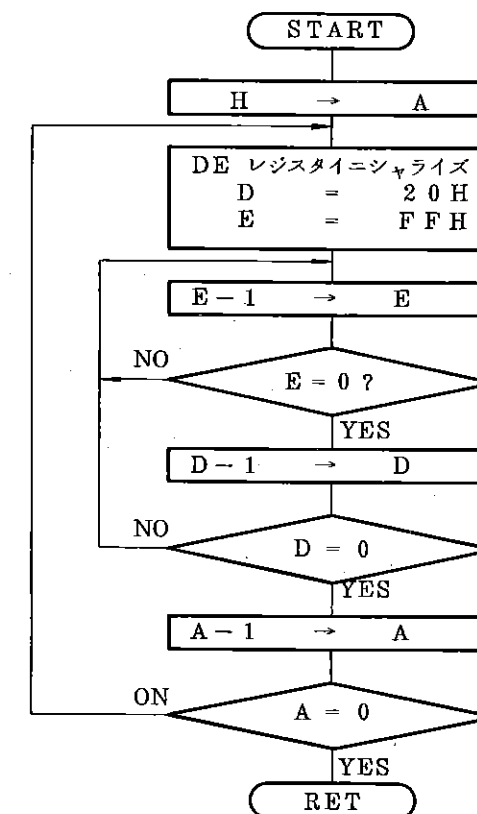
Aの内容をポートCに出力 — ポートC　PC1に“1”を出力

D　→　A
A－1　→　A
NO　A＝0　YES
半サイクル時間待合わせ

Aの内容をポートCに出力 — ポートC　PC1に“0”を出力

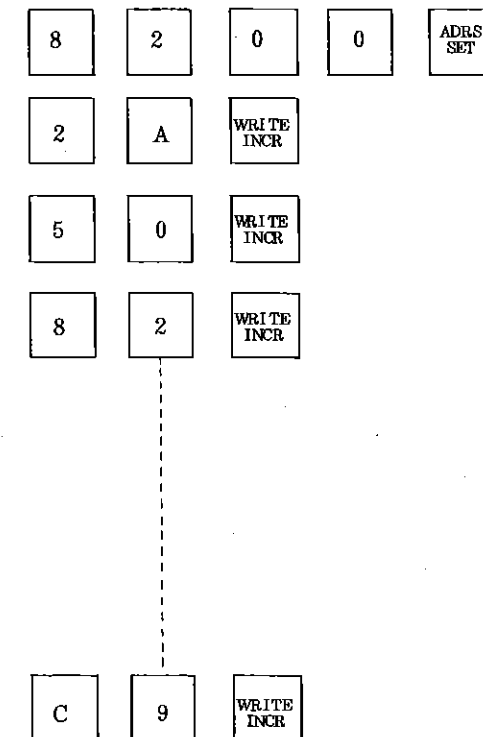
D　→　A
A－1　→　A
NO　A＝0　YES
半サイクル時間待合わせ

E－1　→　E
NO　E＝0　YES — 各パルス音の長さだけくり返す

RET

3.4　コーディング例

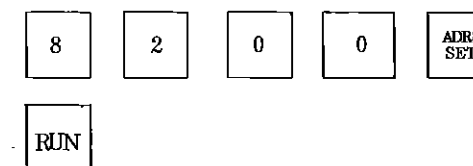
ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック	オブジェクトコード
00	8200	START:	LHLD DATA	2A 50 82
01	03		DCR L	2D
02	04	LOOP1:	PUSH H	E5
03	05	LOOP2:	CALL T1	CD 19 82
04	08		CALL WAIT	CD 37 82
05	0B		DCR L	2D
06	0C		JNZ LOOP2	C2 05 82
07	0F		CALL T2	CD 1F 82
08	12		CALL WAIT	CD 37 82
09	15		POP H	E1
10	16		JMP LOOP1	C3 04 82
11	19	T1 :	LXI D, 3512H	11 12 82
12	1C		JMP T3	C3 22 82
13	1F	T2 :	LXI D, 2616H	11 16 26
14	22	T3 :	MVI A, 2	3E 02
15	24		OUT 2	D3 02
16	26		MOV A, D	7A
17	27		DCR A	3D
18	28		JNZ $-1	C2 27 82
19	2B		OUT 2	D3 02
20	2D		MOV A, D	7A
21	2E		DCR A	3D
22	2F		JNZ $-1	C2 2E 82
23	32		DCR E	1D
24	33		JNZ T3	C2 22 82
25	36		RET	C9
26	37	WAIT :	MOV A, H	7C
27	38		LXI D, 20FFH	11 FF 02
28	3B		DCR E	1D
29	3C		JNZ $-1	C2 3B 82
30	3F		DCR D	15
31	40		JNZ $-5	C2 3B 82
32	43		DCR A	3D
33	44		JNZ WAIT+1	C2 38 82
34	47		RET	C9

3.5　プログラミングおよび実行方法

3.4に書かれているオブジェクトコードを所定の番地のメモリに書き込んで行きます．

プログラムの書込みが終了し書込エラーがないことを確認したならば，テンポと拍子パラメータをセットします．

テンポパラメータは8250番地で00～FFまでのデータを設定できます．データは大きな値にするほどテンポはおそくなります．

拍子パラメータは8251番地で02～FFまでのデータを設定できます．2拍子にしたい場合は"02" 3拍子にしたい場合は"03"というぐあいにセットします．

パラメータのセットが終了すると次のキーコマンドで実行します．

なお，オーディオアンプの接続法は2.5と全く同じです．

第4章　電子オルガン

4.1　概　　要

TK−80 のキーボードをオルガンの鍵盤として使用した電子オルガンのプログラム例を示します．このプログラムは，音階をソフトウェアで作り出し，ＰＰＩ（μPD8255）のポートＣのPC₁に音声帯域のパルスとして出力するもので，カプリング・キャパシタを介してオーディオアンプに接続することにより，電子オルガンを構成することができます．

このプログラムはキーセンス用のメインルーチンと，実際に各音階に相当する音を発生させるサブルーチン（SOUND）によって構成されています．

メインルーチンでＢレジスタに各音階に相当する周波数パラメータをセットして，サブルーチンSOUNDをコールすることによりそのパラメータの周波数に相当する音を一定時間発生させることができます．

メインルーチンでは，今どのキーが押されているかを検出して，そのキーに対応する音階の周波数パラメータをＢレジスタにセットして，サブルーチンをコールしています．

4.2　フローチャート

(1)　メインルーチン

①
B ← 2DH
A＝2？
YES
NO
2 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
レの音を出力
B ← 2BH
A＝3？
3 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
レ#の音を出力
B ← 28H
A＝15H？
WRITE INCR キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ミの音を出力
B ← 26H
A＝4？
4 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ファの音を出力
B ← 24H
A＝5？
5 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ファ#の音を出力
B ← 22H
A＝6？
6 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ソの音を出力
B ← 20H
A＝7？
7 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ソ#の音を出力
②

②
B ← 1EH
A＝13H？
YES
NO
READ DCRE キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ラの音を出力
B ← 1DH
A＝8？
8 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ラ#の音を出力
B ← 1BH
A＝9？
9 キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
シの音を出力
B ← 19H
A＝0AH？
A キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ドの音を出力
B ← 18H
A＝0BH？
B キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
ド#の音を出力
B ← 16H
A＝14H？
READ INCR キーが押されたか
サブルーチンコール SOUND
レの音を出力
③

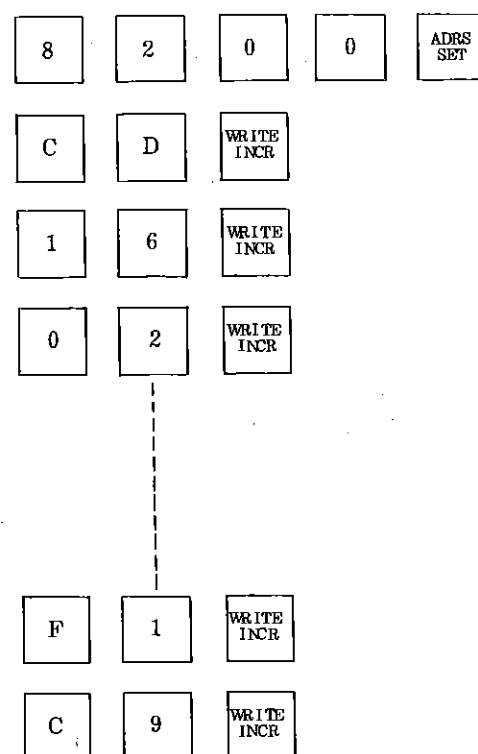
(2) サブルーチンSOUND

4.3 コーディング例

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック	オブジェクトコード
00	8200	START:	CALL KEYIN	CD 16 02
01	3		MVI B, 33H	06 33
02	5		CPI 0	FE 00
03	7		CZ SOUND	CC 96 82
04	A		MVI B, 31H	06 31
05	C		CPI 1	FE 01
06	E		CZ SOUND	CC 96 82
07	11		MVI B, 2DH	06 2D
08	3		CPI 2	FE 02
09	5		CZ SOUND	CC 96 82
10	8		MVI B, 2BH	06 2B
11	A		CPI 3	FE 03
12	C		CZ SOUND	CC 96 82
13	F		MVI B, 28H	06 28
14	21		CPI 15H	FE 15
15	3		CZ SOUND	CC 96 82
16	6		MVI B, 26H	06 26
17	8		CPI 4	FE 04
18	A		CZ SOUND	CC 96 82
19	D		MVI B, 24H	06 24
20	F		CPI 5	FE 05
21	31		CZ SOUND	CC 96 82
22	4		MVI B, 22H	06 22
23	6		CPI 6	FE 06
24	8		CZ SOUND	CC 96 82
25	B		MVI B, 20H	06 20
26	D		CPI 7	FE 07
27	F		CZ SOUND	CC 96 82
28	42		MVI B, 1EH	06 1E
29	4		CPI 13H	FE 13
30	6		CZ SOUND	CC 96 82
31	9		MVI B, 1DH	06 1D
32	B		CPI 8	FE 08
33	D		CZ SOUND	CC 96 82
34	50		MVI B, 1BH	06 1B
35	2		CPI 9	FE 09
36	4		CZ SOUND	CC 96 82
37	7		MVI B, 19H	06 19
38	9		CPI 0AH	FE 0A
39	B		CZ SOUND	CC 96 82
40	E		MVI B, 18H	06 18
41	60		CPI 0BH	FE 0B
42	2		CZ SOUND	CC 96 82
43	5		MVI B, 16H	06 16
44	7		CPI 14H	FE 14

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック	オブジェクトコード
45	8269		CZ SOUND	CC 96 82
46	C		MVI B, 15H	06 15
47	E		CPI 0CH	FE 0C
48	70		CZ SOUND	CC 96 82
49	3		MVI B, 14H	06 14
50	5		CPI 0DH	FE 0D
51	7		CZ SOUND	CC 96 82
52	A		MVI B, 13H	06 13
53	C		CPI 0EH	FE 0E
54	E		CZ SOUND	CC 96 82
55	81		MVI B, 12H	06 12
56	3		CPI 0FH	FE 0F
57	5		CZ SOUND	CC 96 82
58	8		MVI B, 11H	06 11
59	A		CPI 12	FE 12
60	C		CZ SOUND	CC 96 82
61	F		XRA A	AF
62	90		STA 83F3H	32 F3 83
63	3		JMP START	C3 00 82
64	6	SOUND:	PUSH PSW	F5
65	7		MVI E, 1AH	1E 1A
66	9	LOOP1:	MOV D, B	50
67	A	LOOP2:	MVI A, 2	3E 02
68	C		OUT 2	D3 02
69	E		DCR D	15
70	F		JNZ LOOP2	C2 9A 82
71	A2		MOV D, B	50
72	3	LOOP3:	XRA A	AF
73	4		OUT 2	D3 02
74	6		DCR D	15
75	7		JNZ LOOP3	C2 A3 82
76	A		DCR E	1D
77	B		JNZ LOOP1	C2 99 82
78	E		POP PSW	F1
79	F		RET	C9

4.4　プログラミングおよび実行方法

4.3に書かれているオブジェクトコードを所定のメモリに書き込んで行きます.

プログラムの書込みが終了し，書込エラーがないことを確認したならば，次のキーコマンドによりプログラムを実行します.

なお，音を出すためのオーディオアンプの接続法は2.5と全く同じです.

4.5　キーボードと音階との対応

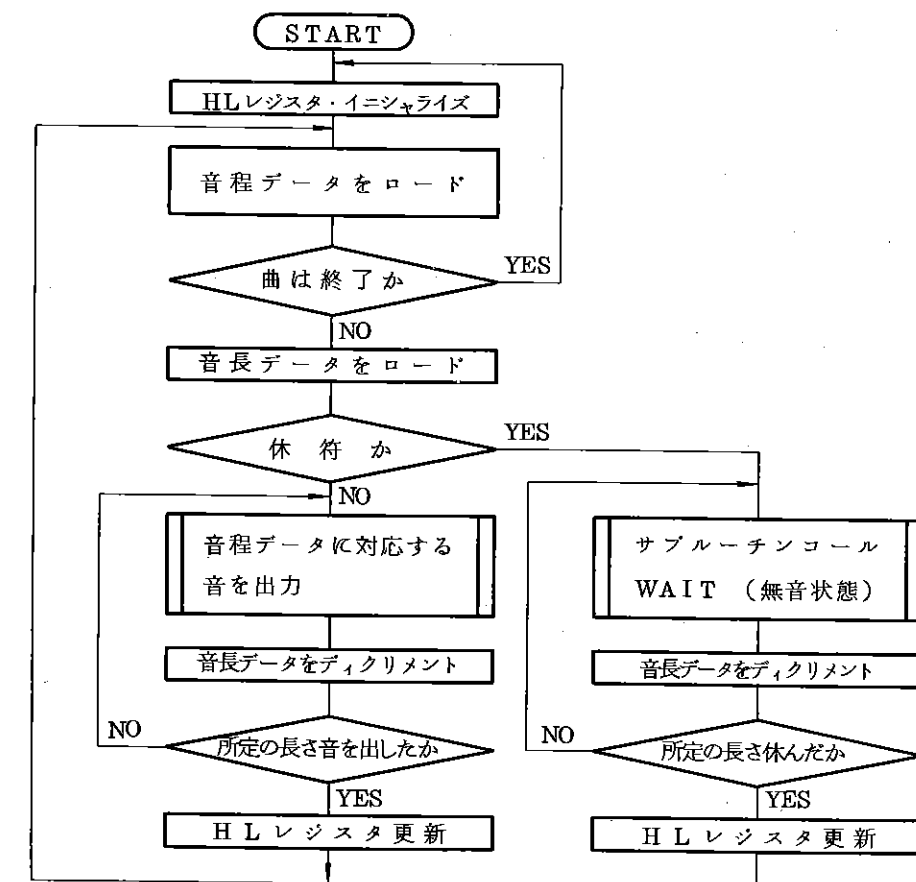
第5章　音楽の自動演奏プログラム

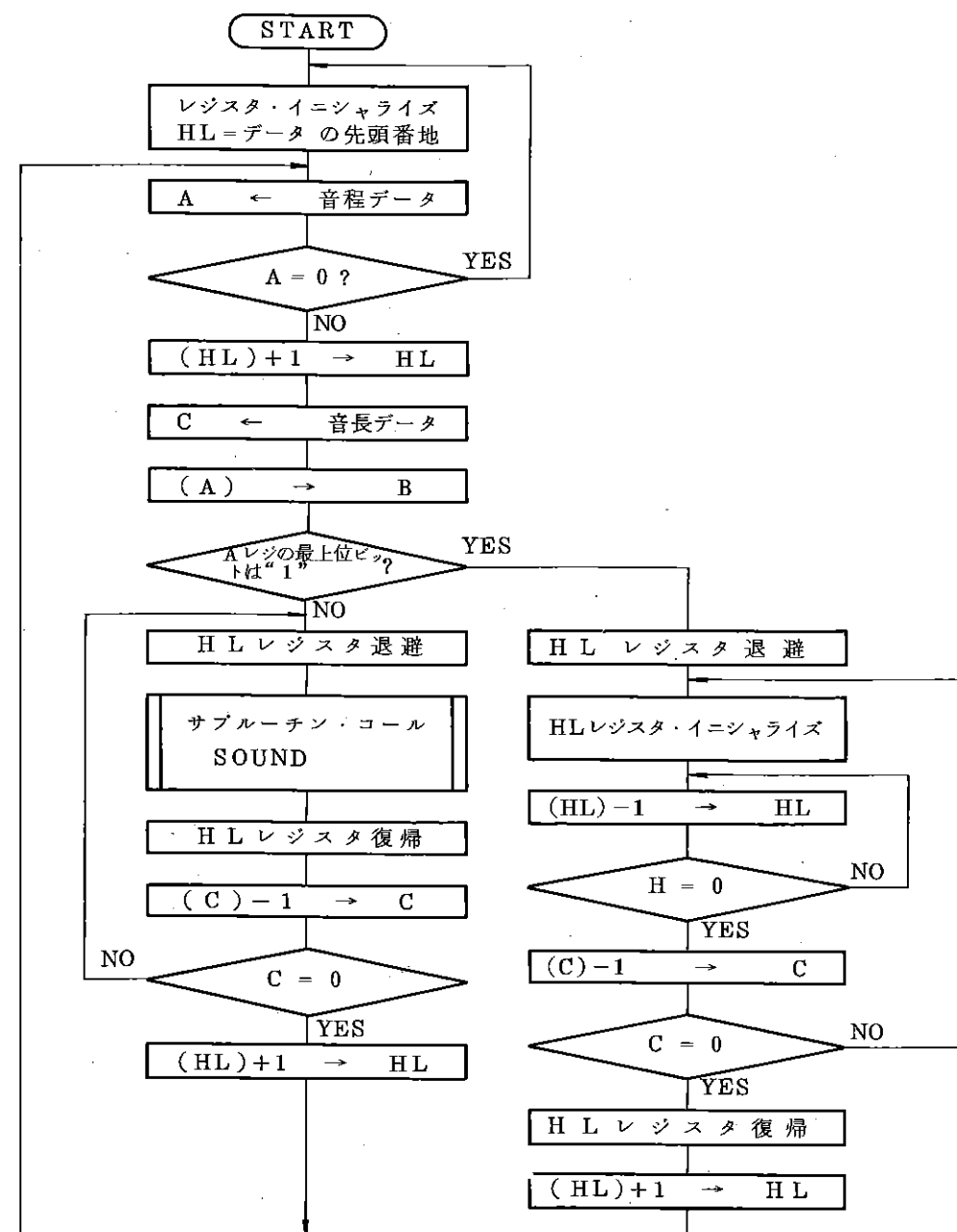
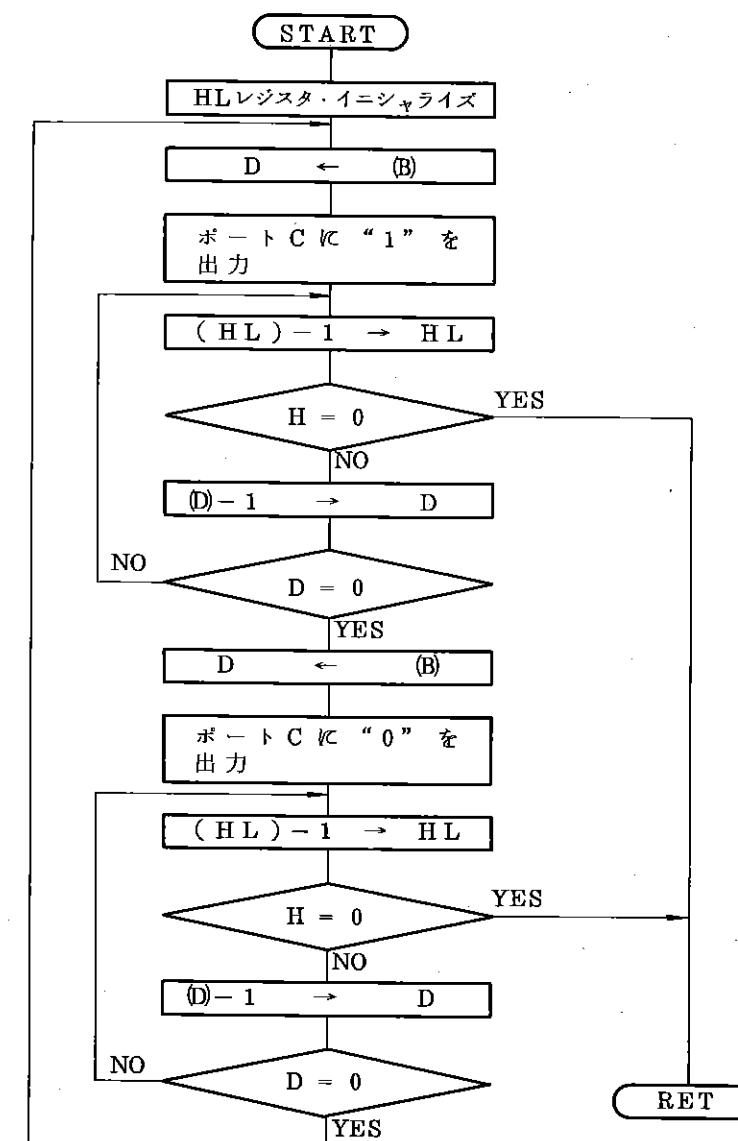
5.1　概　　要

第4章の電子オルガン・プログラムの応用として音楽を連続して自動演奏するプログラム例を示します.

このプログラムは，あらかじめ演奏させる曲をこのプログラムのフォーマットに従って所定のデータに変換してプログラムのデータエリアに格納しておきます.

プログラムはデータエリアに格納されているデータを参照しながら，曲を演奏して行きます.

5.2　概略のフローチャート

5.3 詳細なフローチャート

(1) メイン・ルーチン

(2) サブルーチンSOUND

5.4 コーディング例

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック		オブジェクトコード		
00	8200	START:	LXI	H, 8250H	21	50	82
01	3		MOV	A, M	7E		
02	4		ANA	A	A7		
03	5		JZ	START	CA	00	82
04	8		INX	H	23		
05	9		MOV	C, M	4E		
06	A		MOV	B, A	47		
07	B		RLC		07		
08	C		JC	WAIT	DA	3C	82
09	F	LOOP :	PUSH	H	E5		
10	10		CALL	SOUND	CD	1C	82
11	3		POP	H	E1		
12	4		DCR	C	0D		
13	5		JNZ	LOOP	C2	0F	82
14	8		INX	H	23		
15	9		JMP	START+3	C3	03	82
16	C	SOUND:	LXI	H, 35FFH	21	FF	35
17	F	S1 :	MOV	D, B	50		
18	20		MVI	A, 2	3E	02	
19	2		OUT	2	D3	02	
20	4	S2 :	DCX	H	2B		
21	5		MOV	A, H	7C		
22	6		ANA	A	A7		
23	7		RZ		C8		
24	8		DCR	D	15		
25	9		JNZ	S2	C2	24	82
26	C		MOV	D, B	50		
27	D		MVI	A, 0	3E	00	
28	F		OUT	2	D3	02	
29	31	S3 :	DCX	H	2B		
30	2		MOV	A, H	7C		
31	3		ANA	A	A7		
32	4		RZ		C8		
33	5		DCR	D	15		
34	6		JNZ	S3	C2	31	82
35	9		JMP	S1	C3	1F	82
36	C	WAIT :	PUSH	H	E5		
37	D		LXI	H, 50FFH	21	FF	50
38	40		DCX	H	2B		
39	1		MOV	A, H	7C		
40	2		ANA	A	A7		
41	3		JNZ	$-3	C2	40	82
42	6		DCR	C	0D		
43	7		JNZ	WAIT+1	C2	3D	82
44	A		POP	H	E1		
45	B		INX	H	23		
46	C		JMP	START+3	C3	03	82

5.5 楽譜データの作成

このプログラムでは，一つの音を，連続した番地に格納されている2ワード（8ビット×2）のデータによって作り出しています．

下位の番地に格納されるデータを音程パラメータ，上位の番地に格納されるデータを音長パラメータと呼ぶことにします．

音程パラメータは，その音が音階のどの音なのかを示し，音長パラメータはその音がどのくらいの長さ鳴りつづけるかを示しています．

(1) 音程パラメータ

音程パラメータは，発生する音の周波数（パルス発生プログラムの時定数）を設定する時に参照されるパラメータです．

本プログラムでは，次のような値を設定することによって，各音階に対応する音を発生します．

音階	音程パラメータ（16進数）
ド	33
ド#	31
レ	2D
レ#	2B
ミ	28
ファ	26
ファ#	24
ソ	22
ソ#	20
ラ	1E
ラ#	1D
シ	1B
ド	19
ド#	18
レ	16
レ#	15
ミ	14
ファ	13
ファ#	12
ソ	11

又，音程パラメータは，その最上位ビットを"1"にすることによって，休符を表わすことができます．

1××× ×××× ……………休符

(2) 音長パラメータ

このプログラムは，実際に音を発生させる部分をサブルーチン（SOUND）として持っています．

このサブルーチンは，音程パラメータにより決定された周波数の音を，サブルーチン内でセットされた時定数による時間，発生させます．

一方メインルーチンにおいては，音長パラメータによってセットされた回数だけこのサブルーチンをコールするようになっているために，音長パラメータに値をセットすることにより，サブルーチン内で決定された単位時間の整数倍の時間音を発生させることができるわけです．

従って，サブルーチン内の時定数を変えることにより，楽符を変えることなく曲のテンポを変えることもできます．

この時，定数はプログラムリスト　１６ライン及び３７ラインにおいてＨレジスタにセットされる値により決定され，その値が大きくなれば，曲のテンポはおそくなります．（このプログラム例では３５（１６進）となっています．）

(3) 楽譜作成例

音程パラメータ，音長パラメータは８２５０番地より順に書き込んで行きます．又，曲の終わりは，一定の休符を入れた後，１ワード"００"を書いておくことによりその曲をくり返し演奏させることができます．

例　ドレミの歌

アドレス	楽符	アドレス	楽符	アドレス	楽符
8250	33	827E	22	82AC	19
	03		01		07
52	2D（音程パラメータ）	80	26	AE	1B
	01（音長パラメータ）		01		01
54	28	82	1E	B0	1E
	03		08		02
56	33	84	22	B2	26
	01		03		02
58	28	86	33	B4	1B
	02		01		02
5A	33	88	2D	B6	22
	02		01		02
5C	28	8A	28	B8	19
	04		01		06
5E	2D	8C	26	BA	FF（休符）
	03		01		08（休符）
60	28	8E	22	BC	00―エンドコード
	01		01		
62	26	90	1E		
	02		08		
64	28	92	1E		
	01		03		
66	2D	94	2D		
	01		01		
68	26	96	28		
	08		01		
6A	28	98	26		
	03		01		
6C	26	9A	22		
	01		01		
6E	22	9C	1E		
	03		01		
70	28	9E	1B		
	01		08		
72	22	A0	1B		
	02		03		
74	28	A2	28		
	02		01		
76	22	A4	26		
	04		01		
78	26	A6	22		
	03		01		
7A	22	A8	1E		
	01		01		
7C	1E	AA	1B		
	02		01		

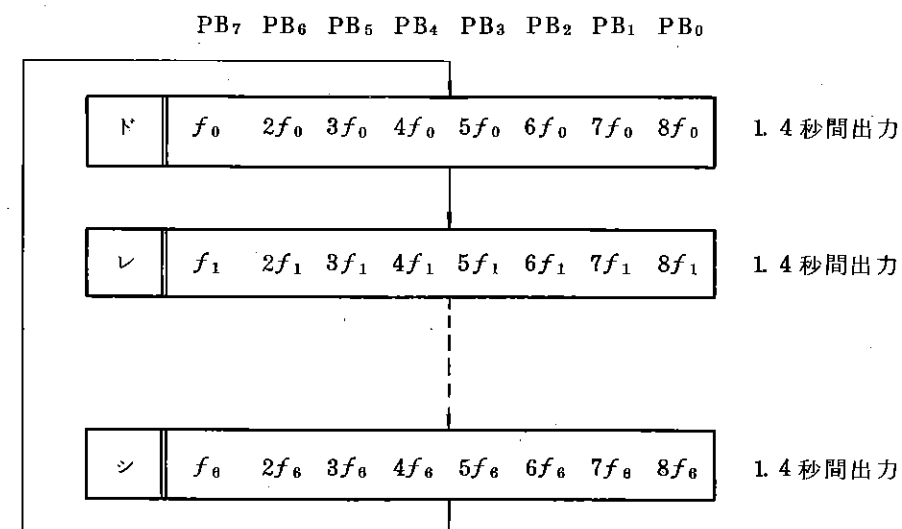
第6章　無限音階プログラム

6.1　概　　要

ＰＰＩ（μＰＤ８２５５）のポートＢに接続したオーディオ・アンプに無限音階を出力するプログラム例を示します．

このプログラムはそれぞれ１オクターブずつ離れたオーディオ周波数のパルスをＰＰＩのPB_0～PB_7に８オクターブ同時に出力し（例えば“ド”の音の場合はPB_0に ある“ド”の音，PB_1はPB_0より１オクターブ下の“ド”の音，PB_2にはさらに１オクターブ下の“ド”の音……），これらをそれぞれ１音階ずつ繰り返します．

このパルスは合成されてオーディオ・アンプに入力し，音声として出力されます．

合成出力は各音ごとに８オクターブの音声を含むため，人間の耳にはその人が注目した音から無限に上昇する音階となって聞こえます．

（注）f_0 はある音階の“ド”の音を示す．$f_1 \cdots f_6$ も同様．

6.2　概略のフローチャート

6.3 詳細なフローチャート

3
C←B
C←C－1
C＝0？
NO
YES
次の番地へ
ジャンプ
DE←DE－1
A←E
A←AVD
A←L
ZERO
FLAG＝1？
NO
YES
4
5
半サイクルの時間調整
（半サイクル　48μSEC）
FLAG　セット
ACC の内容を復帰する.
“レ”の音　出力へ

5
DE←7F1AH
B←1
7
Aの内容を
ポートBに出力
A←A＋1
L←A
C←B
C←C－1
C＝0
NO
YES
DE←DE－1
A←E
A←AVD
6
“ミ”の音を出力する.
ACC の内容を退避する.
半サイクルの時間調整
（半サイクル　43μSEC）
FLAG　セット

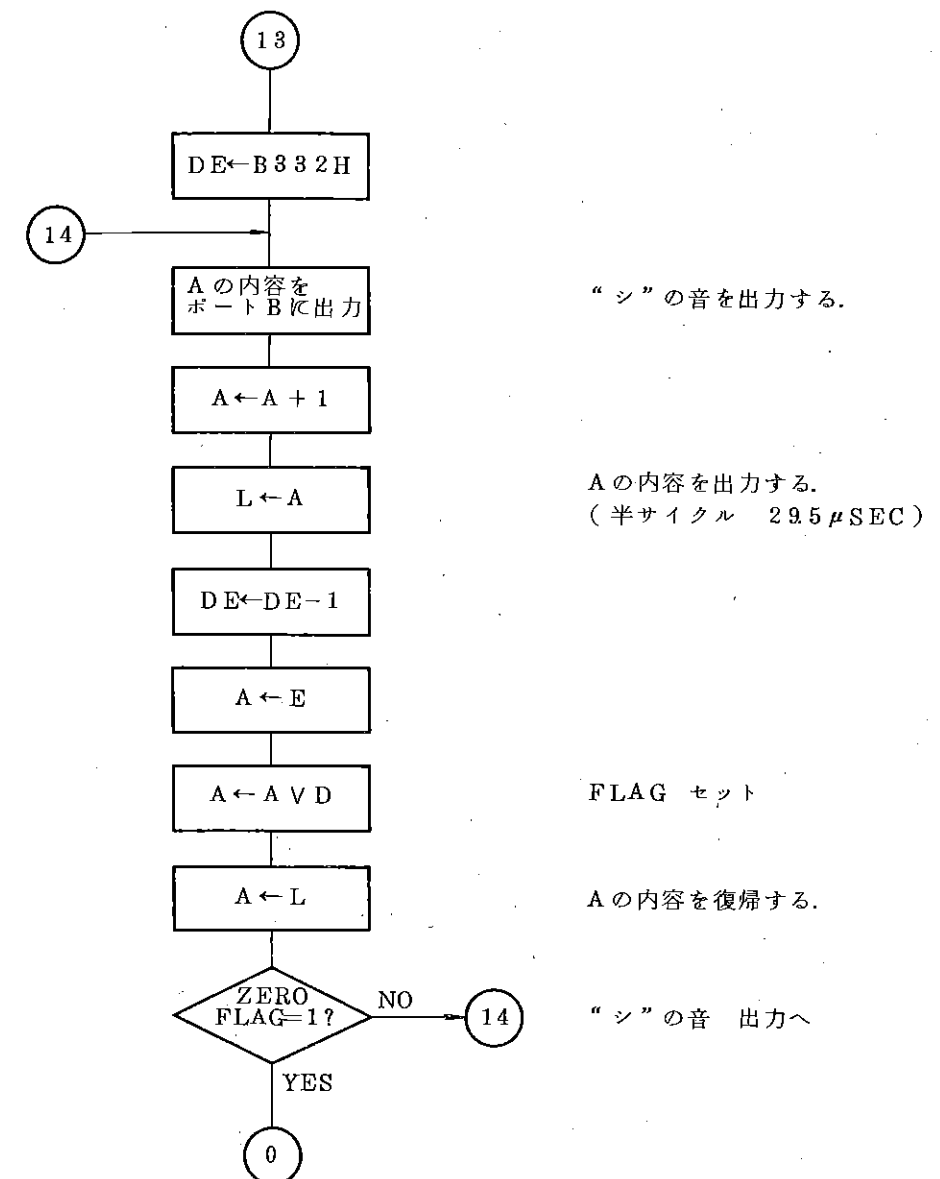
6
A←L
Aの内容を復帰する.
ZERO FLAG=1?
NO
7
"ミ"の音　出力へ
YES
DE←86F3H
8
Aの内容を ポートBに出力
"ファ"の音を出力する.
A←A+1
L←A
Aの内容を退避する.
B←1
次の番地へ ジャンプ
半サイクルの時間調整
(半サイクル　40.5μSEC)
DE←DE−1
A←E
A←A∨D
FLAG セット
A←L
Aの内容を復帰する.
9

9
ZERO FLAG=1?
NO
8
"ファ"の音　出力へ
YES
DE←97D1H
10
Aの内容を ポートBに出力
"ソ"の音を出力する.
L←A
Aの内容を退避する.
次の番地へ ジャンプ
半サイクルの時間調整
(半サイクル　36μSEC)
DE←DE−1
A←E
A←A∨D
FLAG セット
A←L
Aの内容を復帰する.
ZERO FLAG=1?
NO
10
"ソ"の音　出力へ
YES
11

“ラ”の音を出力する.

半サイクルの時間調整
（半サイクル　32μSEC）

FLAG　セット

Aの内容を復帰する.

“シ”の音を出力する.

Aの内容を出力する.
（半サイクル　29.5μSEC）

FLAG　セット

Aの内容を復帰する.

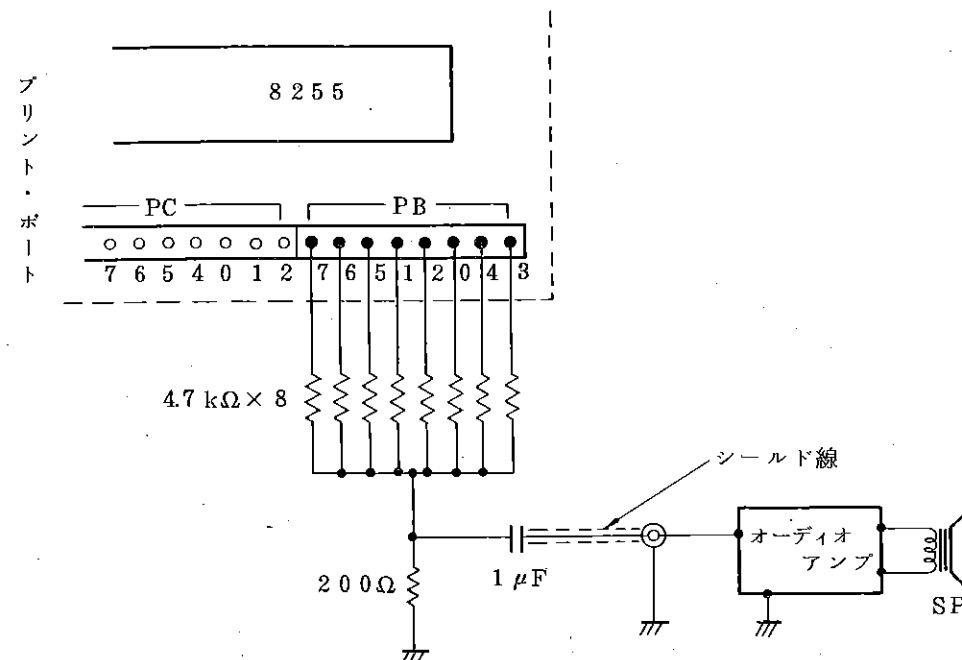
“シ”の音　出力へ

6.4 コーディング例

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック		オブジェクトコード		
00	8200	ST :	MVI	A, 90H	3E	90	
01	02		OUT	03H	D3	03	
02	04		LXI	D, 6536H	11	36	65
03	07		MVI	B, 2	06	02	
04	09	DO :	OUT	01H	D3	01	
05	0B		INR	A	3C		
06	0C		MOV	L, A	6F		
07	0D		MOV	C, B	48		
08	0E		DCR	C	0D		
09	0F		JNZ	$-1	C2	0E	82
10	12		INR	C	0C		
11	13		DCX	D	1B		
12	14		MOV	A, E	7B		
13	15		ORA	D	B2		
14	16		MOV	A, L	7D		
15	17		JNZ	DO	C2	09	82
16	1A		LXI	D, 71DDH	11	DD	71
17	1D		MVI	B, 1	06	01	
18	1F	RE :	OUT	01H	D3	01	
19	21		INR	A	3C		
20	22		MOV	L, A	6F		
21	23		MOV	C, B	48		
22	24		DCR	C	0D		
23	25		JNZ	$-1	C2	24	82
24	28		JMP	$+3	C3	2B	82
25	2B		DCX	D	1B		
26	2C		MOV	A, E	7B		
27	2D		ORA	D	B2		
28	2E		MOV	A, L	7D		
29	2F		JNZ	RE	C2	1F	82
30	32		LXI	D, 7F1AH	11	1A	7F
31	35		MVI	B, 1	06	01	
32	37	MI :	OUT	01H	D3	01	
33	39		ADI	1	C6	01	
34	3B		MOV	L, A	6F		
35	3C		MOV	C, B	48		
36	3D		DCR	C	0D		
37	3E		JNZ	$-1	C2	3D	82
38	41		DCX	D	1B		
39	42		MOV	A, E	7B		
40	43		ORA	D	B2		
41	44		MOV	A, L	7D		

ライン	アドレス	レーベル	ニーモニック		オブジェクトコード		
42	8245		JNZ	MI	C2	37	82
43	48		LXI	D, 86F3H	11	F3	86
44	4B	FA :	OUT	01H	D3	01	
45	4D		INR	A	3C		
46	4E		MOV	L, A	6F		
47	4F		MVI	B, 1	06	01	
48	51		JMP	$+3	C3	54	82
49	54		DCX	D	1B		
50	55		MOV	A, E	7B		
51	56		ORA	D	B2		
52	57		MOV	A, L	7D		
53	58		JNZ	FA	C2	4B	82
54	5B		LXI	D, 97D1H	11	D1	97
55	5E	SO :	OUT	01H	D3	01	
56	60		INR	A	3C		
57	61		MOV	L, A	6F		
58	62		JMP	$+3	C3	65	82
59	65		DCX	D	1B		
60	66		MOV	A, E	7B		
61	67		ORA	D	B2		
62	68		MOV	A, L	7D		
63	69		JNZ	SO	C2	5E	82
64	6C		LXI	D, 0AACCH	11	CC	AA
65	6F	RA :	OUT	01H	D3	01	
66	71		INR	A	3C		
67	72		MOV	L, A	6F		
68	73		NOP		00		
69	74		DCX	D	1B		
70	75		MOV	A, E	7B		
71	76		ORA	D	B2		
72	77		MOV	A, L	7D		
73	78		JNZ	RA	C2	6F	82
74	7B		LXI	D, 0B332H	11	32	B3
75	7E	SHI :	OUT	01H	D3	01	
76	80		INR	A	3C		
77	81		MOV	L, A	6F		
78	82		DCX	D	1B		
79	83		MOV	A, E	7B		
80	84		ORA	D	B2		
81	85		MOV	A, L	7D		
82	86		JNZ	SHI	C2	7E	82
83	89		JMP	ST+4	C3	04	82

6.5 オーディオ・アンプの接続方法

ＰＰＩのポートＢに抵抗を接続してそれぞれの周波数を合成し，カップリング・コンデンサを介してオーディオ・アンプに接続します．

6.6 プログラミングおよび実行方法

コーディング・リスト上のオブジェクト・コードを所定のメモリに書き込みます．

プログラムの書込みが終了し，書き込みエラーがないことを確認したら次のコマンドで実行します．

[8] [2] [0] [0] [ADRS SET]

[RUN]